Aus dem LVIII. Bde. d. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. II. Abth. Juni-Heft. Jahrg. 1868.



Über das Verhalten entnervter Muskeln gegen discontinuirliche elektrische Ströme.

Von **Ernst Brücke**,

wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Mit 1 Holzschnitte.)

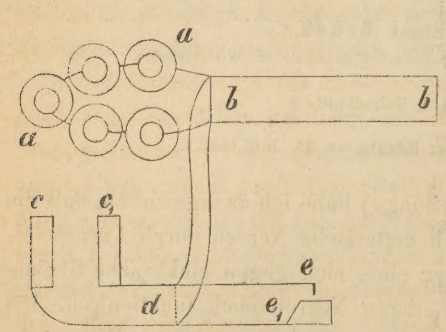
(Vorgelegt in der Sitzung am 25. Juni 1868.)

In einer früheren Mittheilung [1]) habe ich nachgewiesen, daß die Muskeln von Fröschen, deren motorische Nerven durch Curare leistungsunfähig gemacht worden sind, sich gegen elektrische Ströme anders verhalten, als solche, deren Nerven noch functioniren. Ich habe gezeigt, daß die letzteren gegen Ströme von kurzer Dauer sehr viel reizbarer sind. Wenn man elektrische Ströme durch sie hindurchleitet, so erfolgt die Erregung nach denselben Gesetzen, welche gelten, wenn man die Ströme durch den Nerven sendet; sind aber die Nerven vorher leistungsunfähig gemacht worden, so daß sie nicht mehr als erste Angriffspunkte für die Erregung dienen können; so muß der Muskel direct erregt werden, und so zeigt er sich relativ unempfindlich gegen Ströme von kurzer Dauer. Neuere Versuche haben mir gezeigt, daß der direct erregte Muskel nicht nur relativ unempfindlich ist gegen Ströme von sehr kurzer Dauer, sondern auch relativ unempfindlich gegen Unterbrechungen (beziehungsweise plötzliche Schwächungen) von sehr kurzer Dauer.

Die Frösche wurden für diese Versuche eben so zugerichtet, wie für die früheren. Zuerst wurden, um die Beine vor allen Willens- und Reflexwirkungen zu schützen, ihre Nerven in zwischen Steiß und Darmbein angelegten Wunden aufgesucht und durchschnitten, dann schnürte ich ein baumwollenes Band als Massenligatur möglichst hoch oben um einen der Oberschenkel und vergiftete das Thier vom Hinterhaupte aus mit Curare. Der Zeitpunkt, wo vollständige Lähmung eintritt, findet man leichter als durch alle Reizversuche, indem man die Oberlippe des Thieres mit einer Lanzette oder einem kleinen Häck-

[1]) Diese Berichte Bd. LVI, Abth. II, p. 594 (31. October 1867).

chen erfaßt, und ihm so den Kopf nach rückwärts beugt, während er bäuchlings mit den Vorderbeinen auf dem Froschbrette festgebunden liegt. Der gesunde Frosch wehrt sich und hält das Maul fest geschlossen, der halbvergiftete sucht es mit zitternder Bewegung des Unterkiefers geschlossen zu erhalten, und bei dem ganz gelähmten sinkt der Unterkiefer herab, so daß sich das Maul weit öffnet.



Zusammengestellt wurde der Versuch in folgender Weise: Von der Kette *aa* gingen Leitungsdräthe zu dem du Bois'schen Rheochord *bb* und von hier zu den amalgamirten Zinkelektroden cc_1, welche, auf einer Glastafel befestigt, dem Frosche so untergeschoben wurden, daß er mit den Oberschenkeln auf der einen, mit den Füßen auf der andern lag. Die punktirte Linie bei *d* zeigt einen du Bois'schen Schlüssel an, der hier eingeschaltet ist. Von ihm gehen die Kupferdräthe *e* und e_1 aus, von denen *e* rechtwinkelig umgebogen und stumpf abgeschliffen ist, e_1 zu einem Kupferblech von 0·6 Mm. Dicke führt. Ist der Schlüssel *d* offen, so geht also der durch das Rheochord je nach Bedürfniß regulirte Strom durch die Beine des Frosches so lange kein metallischer Contact zwischen *e* und e_1 besteht; sobald aber letzterer hergestellt wird, geht der Strom durch die gute Leitung $e\ e_1$ und die Stromstärke fällt somit in der Bahn $c\ c_1$ nahezu auf 0. Ein sehr kurz dauernder Contact zwischen *e* und e_1 wirkt also wie eine momentane Unterbrechung. Das Kupferblech, in welches e_1 auslauft, ist mit seiner Schärfe in hartes Holz eingelassen und das Niveau gleichmäßig ababgefeilt und abgeschlichtet. Fährt man nun auf diesem mit dem abgeschliffenen Ende von *e* in kleinen Bewegungen hin und her, so werden dadurch bei dem jedesmaligen Passiren des Kupfers auf der Bahn cc_1 Effecte hervorgerufen, die einer Aufhebung des Stromes auf dieser Bahn nahezu gleich kommen:

Nachdem nun das Rheochord auf Null gebracht und bei geschlossenem Schlüssel der Frosch eingeschaltet ist, fange ich an den Rheochordschieber abzuziehen, während der Schlüssel von Zeit zu Zeit geöffnet, und sogleich wieder geschlossen wird. Es geschieht dies,

um mich zunächst über die relative Erregbarkeit beider Beine durch das Hereinbrechen eines constanten Stromes zu unterrichten. Meist sind die Unterschiede gering, zeigt sich das vergiftete Bein erregbarer, so bildet dies kein Hinderniß für die weiteren Versuche, zeigt sich das unvergiftete erregbarer, so schalte ich zwischen dem Fuße desselben und der Elektrode einen Bausch nassen Fließpapiers ein, so daß es nun bei der geänderten Stromvertheilung erst bei derselben Stellung zu zucken beginnt, wie das vergiftete, oder etwas später, d. h. bei noch etwas weiter abgezogenem Rheochordschieber.

Hierauf öffne ich den Schlüssel bleibend und fange an langsam den Contact von e und e_1 abwechselnd herzustellen und aufzuheben. Da e und e_1 keine ganz so gute Nebenschließung bilden, wie der geschlossene Schlüssel, so muß ich jetzt den Rheochordschieber noch um etwas weiter abziehen. Ich ziehe ihn soweit ab, daß beide Beine beim Herstellen des Contactes jedesmal deutlich zucken. Nun bewege ich e schneller, so daß der Contact jedesmal nur sehr kurze Zeit dauert, dann zuckt das unvergiftete Bein, das vergiftete bleibt ruhig liegen. Man kann nun den Rheochordschieber weiter abziehen (beziehungsweise Stöpsel entfernen) und so den Widerstand der Nebenschließung, welche das Rheochord bildet, auf das Doppelte, ja bisweilen auf das Vierfache erhöhen, und immer gelingt es noch durch schnelles Hin- und Herreiben mit e nur den unvergifteten Schenkel zu erregen, den vergifteten in Ruhe zu lassen. Sobald man aber dieselbe Bewegung langsamer ausführt, so zuckt auch das vergiftete Bein kräftig.

Wenn ich sage, ich habe den Widerstand der durch das Rheochord eingeschalteten Nebenschließung verdoppeln, ja vervierfachen können, ehe auch das vergiftete Bein bei kleinen Unterbrechungen zuckte, so gibt dies kein Mittel zur Vergleichung mit den Resultaten meiner früheren Versuche, denn erstens geben die Apparate, wie ich sie bis jetzt angewendet habe, noch kein Mittel, die Dauer der Ströme, mit denen in den früheren Versuchen gereizt wurde, und die Dauer der Unterbrechungen, wie ich sie jetzt anwendete, gleich zu machen, und zweitens tritt bei den jetzigen Versuchen eine Complication auf. Der Strom, durch dessen Unterbrechung gereizt wird, schwächt sich in Folge von Polarisation und wirkt verändernd auf Muskeln und Nerven, so daß dieselben minder empfindlich werden für den nach der Unterbrechung in derselben Richtung wieder eintretenden Strom.

Ich sage für den wieder eintretenden Strom, denn die wesentlichen Erscheinungen unserer Versuche werden bei so geringen Stromstärken beobachtet, daß nur noch Schließungszuckungen, keine Öffnungszuckungen auftreten.

Merkwürdiger Weise zeigt sich diese Abstumpfung der Erregbarkeit oft in dem vergifteten Beine, also in dem, in welchem die Nerven nichts mit der Erregbarkeit zu schaffen haben, stärker, als in dem anderen. Anfangs glich ich dies durch veränderte Stromvertheilung (Einschalten eines Fließpapierbausches zwischen der Elektrode und dem Fuße des unvergifteten Beines) aus, aber dadurch ward nach kurzer Zeit der Unterschied nur noch größer, so daß ich später, wenn die besagte Erscheinung eintrat, den Strom stets umkehrte. Dann zeigte sich das vergiftete Bein wieder eben so empfindlich oder empfindlicher als das unvergiftete, und man konnte nun wieder demonstriren, daß das ausschließliche Zucken des unvergifteten Beines bei sehr kurzen Unterbrechungen eben von der kurzen Dauer dieser Unterbrechungen abhänge, nicht von einer geringeren Erregbarkeit des vergifteten Beines an sich.

Ich habe die Versuche auch so angestellt, daß die Ligatur ganz vermieden wurde, indem ich das Verhalten von unvergifteten und von vergifteten Fröschen mit einander verglich. Es führte dies zu demselben Resultate.

Ich habe endlich nun die Versuche auch noch so modificirt, daß eine wirkliche Unterbrechung stattfand, ein Öffnen des Kreises, nicht blos ein Ableiten durch vorübergehende Nebenschließung. Zu diesem Ende wurde zwischen Rheochord und Schlüssel eine Unterbrechungsvorrichtung eingeschaltet, so daß das eine Endstück der Leitung aus einer dicken Messingplatte bestand, in die ich mit der Laubsäge einen Schnitt machte und Schellack hineinschmolz. Das andere Endstück bestand aus einem dicken rechtwinkelig umgebogenen und unten rundlich abgeschliffenen Kupferdrathe. Wurde dieser auf die Messingplatte herabgedrückt und quer über den erwähnten Schnitt hin und her geführt; so entstand beim jedesmaligen Passiren des Schellackstreifens eine kurze Unterbrechung. Auch hier zeigte sich, wie zu erwarten war, die relative Unempfindlichkeit des vergifteten Beines für Unterbrechungen von sehr kurzer Dauer.

Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien.